

INFRASTRUKTUR

EVALUASI DAN TINDAKAN PENGURANGAN KERUSAKAN BANGUNAN BERDASARKAN PETA ZONASI GEMPA TAHUN 2010

Evaluation And Building Hazardous Reduction Action Based 2010 Earthquake Zone Map

I Ketut Sulendra

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118,
Email : ketutsulendra7273@yahoo.com

ABSTRACT

In Indonesia there are 4 (four) periododes code to design the building e.i : (1) GBV & PBI-55, (2) PBI-71, (3) PPTGIUG-83 & SNI Concrete 91, dan (4) SNI Concrete 2002 & SNI Earthquake 2002 with different seismic load design and reinforcement detailling. With adopted 2010 map earthquake zanation, Palu City lies at very high intensity vulnerable risk hazard caused quake, so many actions plan very important to do e .i : evaluation and earthquake risk reduction strategy for building failures and humans lost. Some strategy very needed e .i: evaluate the existing building with new design load, strengthening and repairing building existing building after evaluate process their earthquake load capacity less than new load earthquake code. Many building have been failure and collaps caused earthquake, many method develop to reduce this hazardous. Thus very important strenghening and repairing method to develop to anticipated hazard building on the quake shock. The any weak point on the building will be the place failure caused seismic load e.i.: foundation-column joint, beam-column joint, con block wall and roof system. Those elements very needed strenghening before quake shock and very accurate reinforcement detailling. Strenghening and repairing method has been develop are : to repairing con block/brick wall by plaster, jacketting, added reinforced and shotcrete applied to beam, column and slab concrete, epoxy recin properties applied to slab and plat elements

Keywords : seismic resistant building, damage assessment, strengthening, repairing

ABSTRAK

Di Indonesia ada empat periode berlakunya peraturan tentang bangunan gedung yaitu : GBV & PBI-55, (2) PBI-71, (3) PPTGIUG-83 & SNI Tata Cara Perencanaan Bangunan Gedung Beton Bertulang tahun (4) SNI Perencanaan Bangunan Beton Bertulang 2002 & SNI Bangunan Beton Bertulang Tahan Gempa tahun 2002, keempatnya mempunyai beban rencana gempa dan pendetailan tulangan yang berbeda-beda. Seiring dengan perubahan peta zonasi gempa yaitu peta zona gempa tahun 2010, yang mana Kota Palu berada pada daerah gempa dengan intensitas sangat tinggi sehingga diperlukan upaya evaluasi dan pengurangan kerentanan akibat gempa sehingga kerugian material dan korban jiwa dapat dikurangi. Langkah penting yang dibutuhkan adalah melakukan evaluasi terhadap bangunan yang telah berdiri dan melakukan perkuatan dan perbaikan untuk gedung yang setelah dilakukan evaluasi ternyata memiliki kapasitas beban gempa lebih kecil dari kapasitas beban sesuai peraturan terbaru. Telah banyak bangunan yang gagal dan hancur akibat gempa, dan telah banyak pula metode yang dikembangkan untuk mengurangi kerusakan akibat gempa tersebut. Sehingga sangat dibutuhkan pengembangan metode perkuatan dan perbaikan struktur bangunan untuk mengantisipasi kerusakan bangunan pada saat terlanda gempa. Titik-titik lemah bangunan yang merupakan titik-titik kegagalan bangunan akibat beban gempa, antara lain : join fondasi-kolom, join balok-kolom, dinding pasangan dan system struktur atap. Elemen-elemen tersebut sangat membutuhkan perkuatan sebelum terjadi gempa serta pendetailan penulangan yang akurat. Perkuatan dan perbaikan elemen struktur bangunan yang telah dikembangkan antara lain : perbaikan kerusakan dinding pasangan dengan metode plesteran yang diperkuat kawat, melapisi elemen strukur bangunan dengan lapisan betob baru, penambahan tulangan dan lapisan beton dengan metode shotcrete pada elemen balok, kolom dan pelatdan perbaikan retak dengan bahan epoxy recin pada elemen pelat.

Kata Kunci : bangunan tahan gempa, penilaian kerusakan, perkuatan, perbaikan

PENDAHULUAN

Bangunan di Indonesia dibangun berdasarkan 4 (empat) era standar konstruksi, yaitu (1) GBV & PBI-55, (2) PBI-71, (3) PPTGIUG-83 & SNI Beton 91, dan (4) SNI Beton 2002 & SNI

Gempa 2002 dengan beban gempa disain dan detailing yang berbeda-beda.

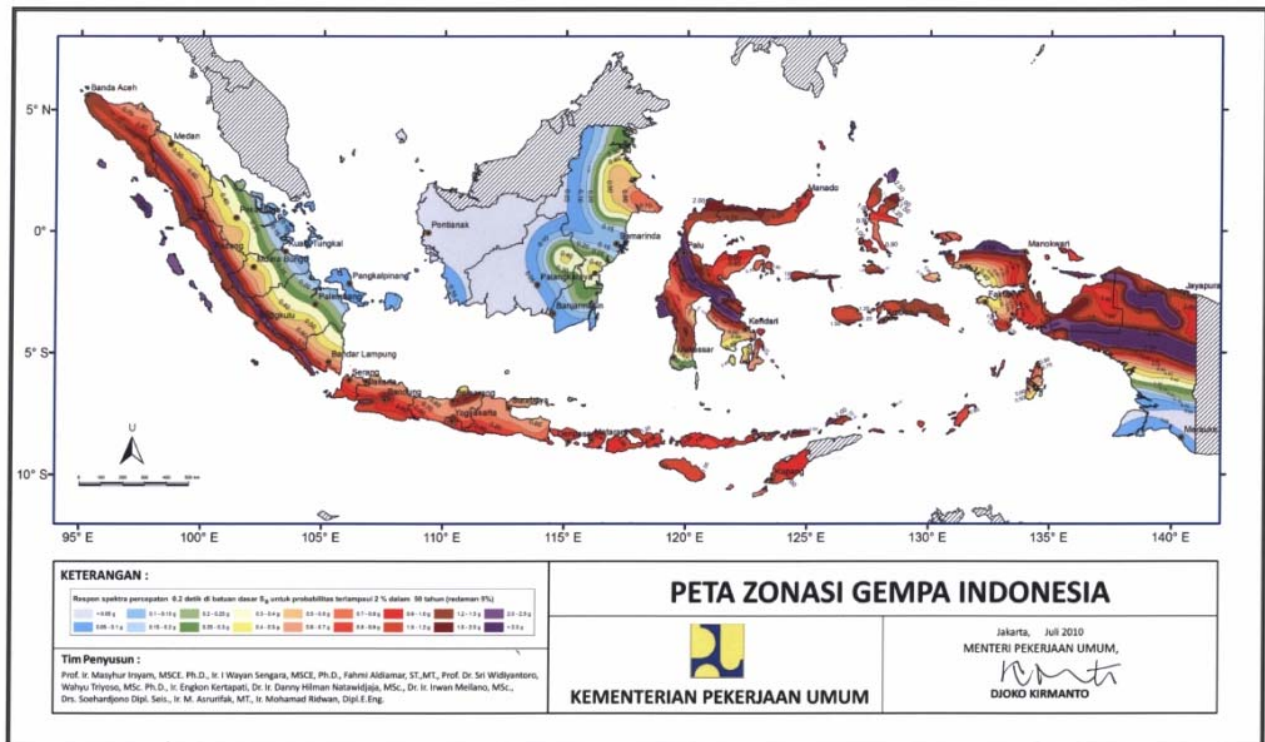
Bangunan tahan gempa didefinisikan bangunan yang mampu menahan beban gempa rencana tanpa mengalami kerusakan berlebihan atau tidak roboh akibat gempa tersebut. Bangunan tahan

gempa ada 2 (dua) tipe yaitu (1) bangunan tahan gempa konvensional yang mengandalkan kekuatan bahan bangunannya yaitu sifat elastis (kaku) dan sifat liat (daktail), sifat kaku dimiliki oleh bahan dari beton dan pasangan batu, sedangkan sifat liat dimiliki oleh logam, kayu dan bambu, (2) bangunan dengan isolator dasar (*base isolator*). *Base isolator* merupakan bahan yang terbuat dari karet dan baja lunak yang ditempatkan di antara fondasi (*sub structure*) dan sloof/kolom (*super structure*) yang berfungsi mereduksi/mengurangi energi gempa/percepatan tanah dasar ke bangunan sehingga sifat merusak dari gempa dapat diminimalkan.

Dari hasil studi lapangan pada kejadian dan kerusakan bangunan akibat gempa menunjukkan bangunan yang dominan mengalami kerusakan adalah bangunan penduduk (*non-engineered structures*) mencapai 85% dari total kerusakan. Daerah Sulawesi Tengah khususnya Kota Palu merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan resiko gempa yang tinggi. Dilihat dari segi geoteknik, peraturan perencanaan tahan gempa

untuk rumah dan gedung belum sepenuhnya memperhatikan aspek geologi dan seismologi. Bangunan belum didesain berdasarkan kondisi tanah setempat dan catatan gempa terbaru. Mempelajari dan menganalisis kenyataan tersebut, maka sangat dibutuhkan segala usaha yang bertujuan untuk melakukan penelitian, penyuluhan, pelatihan serta peraturan yang bertujuan untuk melakukan upaya pengurangan dampak bencana.

Usaha-usaha tersebut dapat berupa kegiatan aktif seperti penelitian bangunan tahan gempa, perkuatan dan perbaikan bangunan yang belum tahan terhadap gempa berdasarkan peraturan bangunan tahan gempa terbaru. Dapat pula berupa kegiatan pasif seperti pelatihan dan kursus bagi para pekerja konstruksi yang langsung bersentuhan di lapangan, sehingga bangunan yang akan dibangun sudah memenuhi kaidah bangunan tahan gempa, sehingga jika di masa mendatang terjadi gempa, maka kerusakan yang terjadi dapat direduksi seminimal mungkin. Kerugian harta benda dan jiwa dapat diminimalisasi.



Gambar 1. Peta zona gempa Indonesia tahun 2010

Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum telah mengesahkan peta zona gempa Indonesia terbaru pada tahun 2010, seperti pada gambar 1 di atas, dengan kondisi peta terbaru tersebut, Kota Palu berada pada wilayah yang sangat rawan. Terlebih Kota Palu dilintasi oleh Sesar Palu-Koro yang sangat aktif, sekalipun tipe gempanya

adalah gempa sesar normal, namun harus tetap diwaspadai. Kekhawatiran tersebut sangat beralasan terutama karena semua bangunan yang telah dibangun belum mengadopsi perencanaan beban gempa terbaru, yang jauh lebih besar dibandingkan beban gempa rencana sebelumnya.

METODE PENELITIAN

a. Kategori Bangunan dan Bangunan Tahan Gempa

Menurut *United Nation Industrial Development Organization (UNIDO)* di Amerika Serikat, filosofi bangunan tahan gempa harus memenuhi 3 (tiga) syarat berikut yaitu :

- Bangunan tidak boleh rusak akibat gempa kecil (magnitudo lebih kecil dari 4 Skala Richter)
- Bangunan boleh rusak komponen non strukturnya (tembok, plafond, penutup atap, dll) akibat gempa sedang (magnitudo antar 4 sampai 6,5 Skala Richter)
- Bangunan boleh rusak komponen non struktur maupun komponen strukturnya akibat gempa kuat (lebih besar dari 6,5 Skala Richter) tetapi tidak sampai roboh

Sedangkan tipe bangunan berdasarkan syarat teknisnya ada 2 (dua) juga yaitu :

- Bangunan yang tidak direncanakan dan dibangun sesuai peraturan teknis bangunan (*non-engineered structures*)
- Bangunan yang dibangun sesuai syarat teknis bangunan (*engineered structures*)

b. Syarat-syarat Bangunan Sederhana Tahan Gempa

Bangunan sederhana maksudnya adalah bangunan tidak bertingkat dengan kualitas bahan bangunan yang pada umumnya. Syarat-syarat tersebut adalah :

- Denah sederhana dan cenderung simetris
- Bidang dinding cenderung tertutup
- Atap cenderung ringan
- Fondasi batu kali cukup dalam
- Hubungan tulangan fondasi, sloof, kolom, balok kuat dan kaku (pengangkeran)
- Rangka kap/kuda-kuda diangker pada ring balok
- Sambungan antar bidang tembok harus kuat
- Tanah dasar stabil
- Mudah difahami dan dikerjakan dengan teknik tradisional
- Memakai bahan lokal yang tahan gempa (*local genius*)

Syarat-syarat lainnya yang harus dipenuhi sebuah gedung tahan gempa adalah sebagai berikut:

- Dibentuk dan disusun dengan baik.
- Dirancang secara baik dan teliti.
- Dibangun dengan baik.

Apabila salah satu dari ketiga syarat tersebut di atas tidak terpenuhi maka bangunan yang dibangun tidak akan tahan terhadap gempa

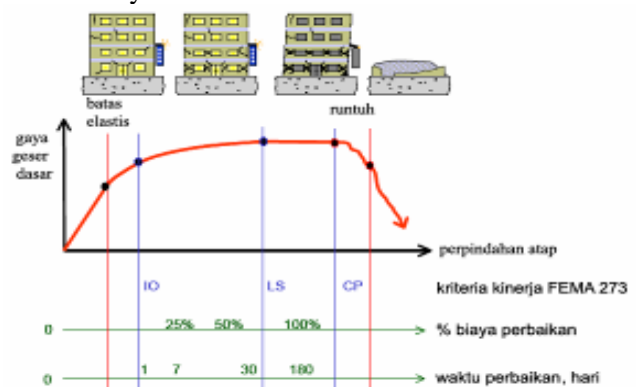
c. Tujuan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Berikut ini adalah tujuan dari teknik pembangunan anti gempa:

- Menghindari adanya korban jiwa yang disebabkan oleh runtuhnya bangunan pada saat terjadinya gempa. (sebuah gempa *design* atau gempa *ultimate limit state*)
- Mengurangi korban luka-luka dan kerusakan bangunan (termasuk isinya) yang disebabkan oleh gempa sedang (gempa *serviceability limit state*).

Prasarana/gedung seharusnya bisa langsung digunakan setelah dibersihkan.

- Mengurangi kerusakan dan gangguan terhadap penghuni daerah yang dilanda gempa sedang dan ringan.
- Mempertahankan kegunaan utama dari prasarana/gedung.
- Melindungi orang yang berada di luar gedung.
- Melindungi property dan lingkungan di sekitarnya.



Gambar 2. Ilustrasi Bangunan Tahan Gempa Berbasis Kinerja (*Applied Technology Council-58*)

Gambar di atas menunjukkan perilaku (elastis/daktail), gaya geser gempa dan goyangan/perpindahan atap serta kerusakan yang mungkin terjadi serta biaya dan waktu perbaikan pasca gempa.

“Mitos” bahwa rumah tradisional adalah rumah yang tahan gempa menjadikan pengetahuan faktual akan kelemahan struktur, material bangunan dan kesalahan dalam pembangunan terabaikan dalam pengetahuan lokal itu. Media penyebaran pengetahuan dan keterampilan membangun bangunan tahan gempa sangat dibutuhkan dalam upaya meningkatkan kepedulian serta kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana akibat gempa bumi. Rumah tempat tinggal harusnya menjadi tempat perlindungan yang aman termasuk terhadap bencana gempa, bukan sebaliknya menjadi ancaman bagi

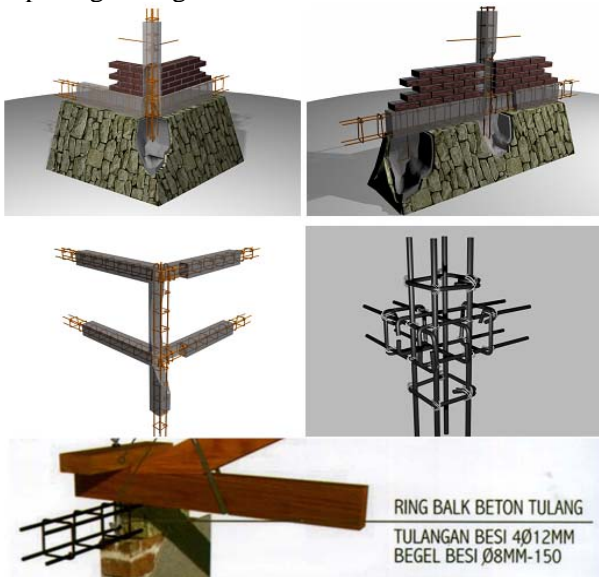
penghuninya pada saat terjadi gempa bumi. Beberapa rumah tradisional memang masih berdiri setelah mengalami gempa, rumah tersebut umumnya rumah yang terbuat dari rangka kayu, dengan bahan atap yang ringan, namun beberapa rumah tradisional juga rusak dan roboh setelah terjadi gempa.

Berikut ini adalah panduan secara mandiri bagi pemilik rumah/tempat tinggal yang bangunanya mengalami kerusakan akibat gempa, serta langkah-langkah yang efektif diambil pasca gempa

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pendetailan tulangan

Pendetailan tulangan terutama pada daerah join sangt penting, mengingat daerah ini merupakan titik lemah bangunan seperti join fondasi-kolom, join balok kolom, bidang antar dinding dan stuktur atap dengan ring balok.



Gambar 3. Detail tulangan pada join fondasi-kolom, bidang dinding rangka atap

b. Perbaikan bangunan batu bata

Jenis kerusakan. : retak siar batu bata yang terjadi pada unsur-unsur penyusun dinding.



Gambar 4. Retak diagonal pada dinding bata akibat gempa

c. Perbaikan (*Repairing*)

Beberapa upaya perbaikan yang dapat dilakukan diantaranya :

- 1). Untuk retak kecil (yang mempunyai lebar celah antara 0.075 cm dan 0.6 cm)
 - Plesteran lama disekitar retak dikupas, lalu retak diisi dengan air semen.
 - Dinding dipleser kembali dengan campuran spesi 1 semen : 3 pasir.
- 2). Untuk retak yang besar (retak yang mempunyai lebar celah lebih besar dari 0.6 cm)
 - Plesteran lama disekitar retak dikupas, lalu retak diisi dengan air semen.
 - Setelah celah rapat, bekas retakan dipasang kawat anyaman yang dipaku kuat.

Setelah itu, dinding dipleser kembali dengan campuran 1 semen : 3 pasir.

d. Daftar Identifikasi Mandiri Kerusakan Bangunan (*Building Damage Self-Assessment*)

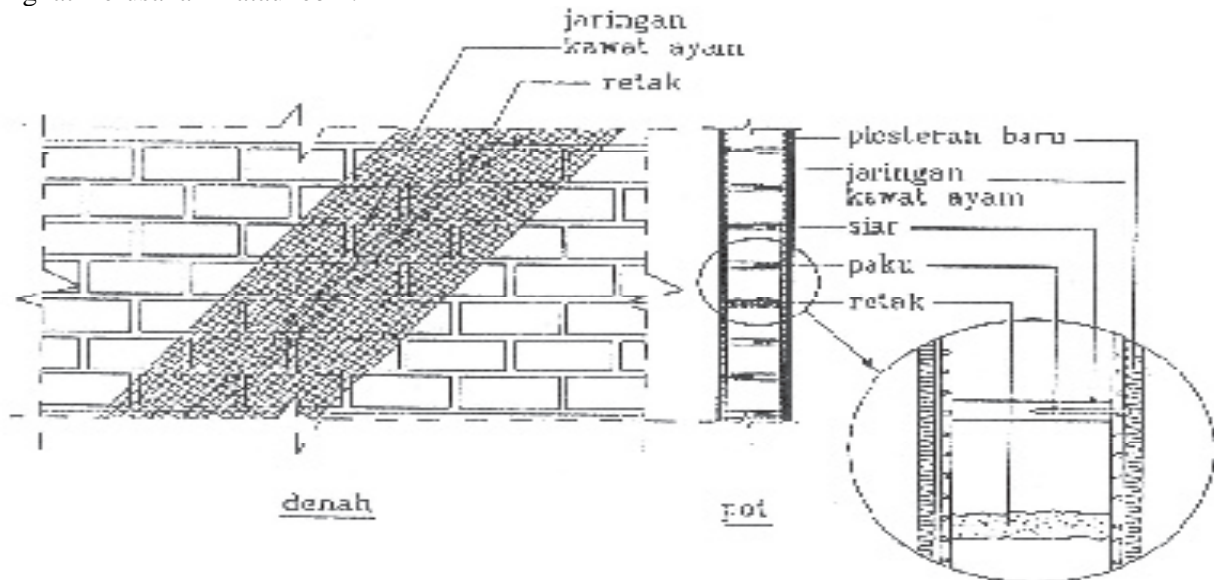
- Apakah penutup atap jatuh atau melorot?
- Apakah plesteran retak-retak dan jatuh?
- Apakah dinding retak-retak diagonal?
- Apakah terjadi keretakan pada sudut-sudut bukaan (jendela dan pintu)?
- Apakah dinding cenderung terpisah satu bidang dengan bidang lainnya
- Apakah sudut-sudut dinding mengalami retak dan kehancuran?
- Apakah ada dinding yang cenderung runtuh/miring?
- Apakah kerangka atap lepas dari landasannya atau patah sambungannya?
- Apakah hubungan antara kolom kayu dan blandar yang lepas atau patah?
- Apakah ada kolom yang lepas dari pondasi?
- Apakah sebagian besar kolom miring atau cenderung jatuh?
- Ada keretakan di ujung-ujung beton (ujung bawah/atas kolom, ujung balok)
- Ada beberapa kolom beton yang pecah hingga tulangannya keluar / putus?
- Ada pondasi yang retak, bercelah atau amblas?
- Ada bagian bangunan hancur total dan menimpa bangunan yang masih berdiri?

e. Daftar Identifikasi Mandiri Kerusakan Bangunan.

- Bila Anda mendapati “YA“ kurang dari 5 , kemungkinan besar bangunan yang dinilai masih berada di Tingkat Kerusakan 1 atau 2.

- Bila Anda mendapati **antara 5 sampai 10** maka kemungkinan besar bangunan cukup rawan dengan Tingkat Kerusakan 2 sampai 4.
- Bila **lebih dari 10** maka kemungkinan terbesar adalah rusak berat yang hampir pasti berada pada Tingkat Kerusakan 4 atau lebih.

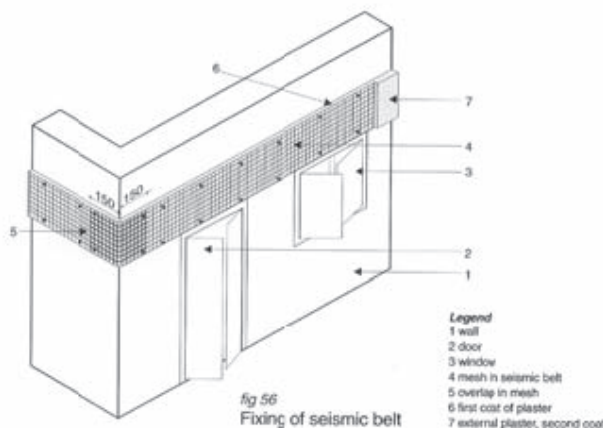
Daftar di atas dimaksudkan untuk setiap pemilik bangunan terutama rumah pribadi agar dapat menentukan tingkat kerusakan yang terjadi pasca gempa serta tindakan perbaikan serta perkuatan yang mungkin dan harus dilakukan.



Gambar 5. Jenis kerusakan patah pada siar dan patah diagonal dan metode perbaikannya

d. Perkuatan (*Strengthening*) untuk Dinding

- Dibuat balok pondasi, balok keliling dan kolom praktis lengkap dengan angkur-angkur setiap 6 lapis bata ke dinding yang baru. Panjang angkur minimal 30 cm.
- Diperkuat dengan penambahan/penebalan batu bata pada sisi luar dinding batu bata sebagai perkuatan kolom bata dan untuk perkuatan penopang atap.



Gambar 6. Perkuatan dinding dengan kawat ayam dan sabuk gempa

- Perkuatan dengan sabuk gempa, yaitu menambahkan kawat ayam yang dililit melingkari bangunan yang kemudian ditutup dengan diiplester dari luar.

- Selain dengan perkuatan sabuk gempa, kawat ayam juga dapat digunakan sebagai pekuatan di sisi-sisi/jeda antara pintu dengan jendela.

Kerusakan yang terjadi pada pertemuan antar dinding (sambungan T) dimana dinding tersebut terpisah patah



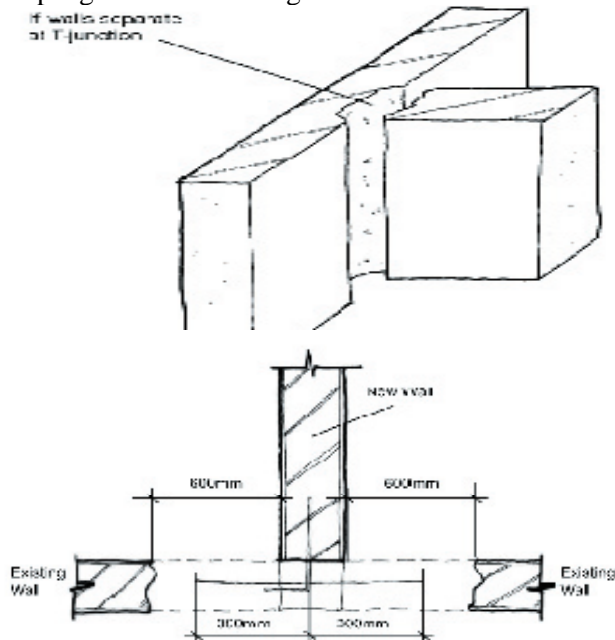
Gambar 7. Kerusakan pada sambungan antar dinding bata

e. Perbaikan (*Repairing*)

Upaya perbaikan yang dapat dilakukan diantaranya :

- Dinding lama pada pertemuan dinding tanpa kolom yang tidak lepas/jatuh dibongkar secukupnya kurang lebih 60 cm, untuk dipasang kolom beton ditengahnya.
- Kolom beton tersebut diberi perkuatan dengan penambahan stek berdiameter minimal 8 mm, yang berfungsi menyatukan pesambungan dinding (sambungan T).

- Stek dipasang menerus keatas dengan jeda 6 bata dan panjang stek yang mengikat bata dihitung dari sisi luar kolom 30 cm.
- Kemudian pasang kembali batu bata baru yang kesemuanya mengikat pada kolom yang ditengah dimana stek memiliki fungsi sebagai pengikat antar dinding bata.



Gambar 8. Perbaikan dinding bata yang rusak pada sambungan antar dindingnya

f. Perkuatan (*Strengthening*) Dinding Bata

Salah satu perkuatan dengan :

- Memberikan angkur pada kolom beton sebagai upaya perkuatan untuk mengikat antar pertemuan dinding dengan jarak antar angkur 6 batu bata.



Gambar 9. Besi angker kolom pada dinding bata

- Pada pertemuan sambungan antar bata dapat ditambahkan tulangan sebelum kemudian ditimbun dengan semen dan bata kembali.

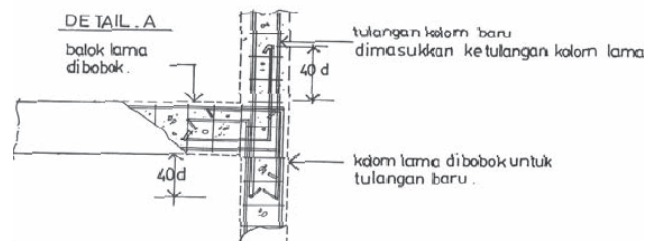


Gambar 10. Perkuatan dinding bata pada sambungan antar dindingnya

g. Perbaikan pada struktur utama

Perbaikan pada sambungan balok-kolom :

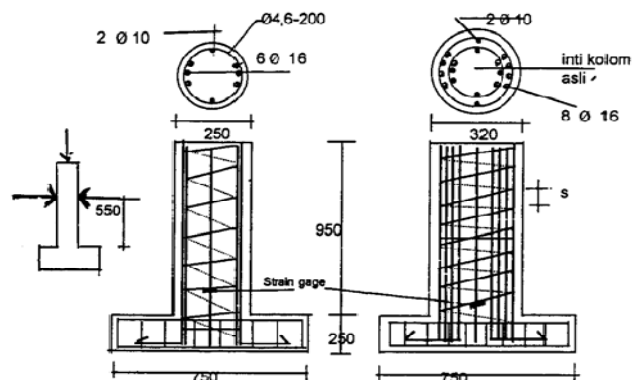
- Sediakan penopang sementara kolom dan balok.
- Potong beton yang rusak sampai ke ujung siku.
- Potong batang dan sediakan batang baru dengan penopang secukupnya.



Gambar 11. Perbaikan pada sambungan balok-kolom

h. Perkuatan (*Strengthening*) :

- Balok harus ditopang terlebih dahulu dengan rangka kayu 6/12



Gambar 12. Perbaikan join fondasi-kolom akibat gempa dengan metode *jacketting*

- Tulangan kolom baru dimasukan ketulangan kolom lama.
- Kolom dan balok dibobok, tulangandirapikan lalu dicor kembali dengan campuran
- beton 1 semen : 2 pasir : 3 krikil.
- Sesudah 14 hari bekisting boleh dilepas.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Mendesain, melaksanakan dan mengawasi pekerjaan bangunan tahan gempa membutuhkan dana dan keahlian yang lebih besar.
2. Kebutuhan informasi tentang bangunan tahan gempa, prinsip perkuatan bangunan terhadap bencana gempa serta langkah perbaikan pasca gempa sangat mendesak untuk disebarluaskan.
3. Semua stakeholder hendaknya saling mendukung dalam mendesain pemukiman yang aman

- terhadap gempa, sehingga dapat meminimalisasi korban jiwa dan kerugian harta benda akibat bencana gempa.
4. Panduan dan pelatihan tentang bangunan tahan gempa sangat dibutuhkan terutama dari pihak penyedia jasa semua fasilitas pemukiman (pengembang, dinas tata kota, dan pekerja bangunan)
 5. Perlu dibentuk pusat penelitian bencana gempa yang melibatkan semua stakeholder.
 6. Bahaya gempa perlu disosialisasikan kepada masyarakat, agar semua pihak bersiap-siap untuk menghadapi bencana gempa yang akan bisa timbul di masa yang akan datang.
 7. Perkuatan struktur dapat dilakukan dengan memperkuat kolom dan komponen struktur lainnya.

Tabel 1. Tingkat kerusakan bangunan akibat gempa

Kerusakan		Deskripsi	Langkah Pasca gempa
Tingkat 0	Tidak Rusak	Tidak mengalami kerusakan	Tidak ada perbaikan
Tingkat 1	Rusak sangat ringan	Retak kecil di dinding, ada plesteran dinding yang jatuh, ada bagian kecil atap genteng melorot atau jatuh	Bangunan tidak perlu dikosongkan
Tingkat 2	Rusak ringan	Ada retakan cukup besar di dinding namun tidak menyeluruh, ada bagian pasangan tembok yang jatuh, ada bagian besar penutup atap yang jatuh, kaca pecah namun kusen utuh	Bangunan tidak perlu dikosongkan, perbaikan segera dilakukan sendiri dan tidak terlalu mendesak
Tingkat 3	Rusak sedang	Terdapat retak dan celah di sebagian besar dinding, ada elemen structural (kolom, balok) yang rusak, kemampuan struktur mendukung beban sudah berkurang	Bangunan harus dikosongkan, dan diperbaiki oleh ahli bangunan, diprioritaskan perbaikan dan perkuatan elemen structural bangunan (kolom, balok, sloof, fondasi)
Tingkat 4	Rusak berat	Timbul banyak celah di bagian banyak dinding, ada bagian dinding yang hancur, bagian-bagian bangunannya ada yang terlepas (kolom lepas dari balok dan fondasinya)	Bangunan harus dikosongkan, pertimbangan perbaikan atau dirobohkan sangat tergantung dari nilai bangunannya, bangunan yang memiliki nilai sejarah dan budaya diusahakan dipertahankan dengan melibatkan tenaga ahli
Tingkat 5	Runtuh	Bangunan hancur total, atau sebagian masih berdiri, namun sudah rusak berat	Memeriksa apakah struktur fondasi masih bisa dipakai atau tidak?, bila rusak perlu perencanaan bangunan baru berfilosofi tahan gempa

DAFTAR PUSTAKA

Applied Technology Council.(1996). “ ATC 40 - *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*”, Redwood City, California, U.S.A.

Boen, Teddy. *Bangunan Sederhana Tahan Gempa*, Jakarta, 1983

Boen, Teddy., *Manual Perbaikan Bangunan Sederhana yang Rusak akibat Gempa Bumi*, Jakarta, Desember 1997

Jogja-Jateng ArchQuick Response (JAR),

Kerry Sieh.(2004). “The Science behind the Aceh Earthquake”, *Caltech Media Relations*,<http://pr.caltech.edu/media/Press_Releases/PR12628.html> (20/01/05)

New Zealand’s International Aid and Development Agency, *Meningkatkan Daya Tahan terhadap Gempa pada Gedung Kecil, Rumah dan Prasarana Daerah*.

PBI-55, *Peraturan Beton Indonesia – 1955*

PBI-71, *Peraturan Beton Indonesia – 1971*

Perkiraan_Kerusakan_Perbaikan_dan_Perkuatan_Bangunan_Pasca_Gempa

PPTGIUG 1983, “*Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983*”

Pt-T-02-2000C, *Tata Cara Perencanaan Rumah Sederhana Tahan Gempa*

SNI Beton 2002, “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung – SNI 03-2847-2002*”

SNI Beton 91, “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung 1991*”

SNI Gempa 2002, “*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung –SNI 03-1726-2002*”

SNI-03-1727, *Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*

SNI-03-2834, *Tata Cara Pembuatan Rancangan Campuran Beton Normal*

SNI-03-2847, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*

Suhandoyo Sidiq, *Perkuatan Lateral Pasangan Dinding Bata*, Konferensi Kegempaan Nasional I, Bandung ,1999.

Wikana, Iwan., *Perilaku Perbaikan Kolom Beton Bertulang Akibat Beban Gempa dengan*

Metode Jacketting, Tesis Pascasarjana UGM, 2001.